

Biossolubilização do verdete como fonte de K ⁽¹⁾.

Patrícia Cardoso Matias⁽²⁾; Wedisson Oliveira Santos⁽³⁾; Edson Marcio Mattiello⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPEMIG, projeto [APQ-04092-10](#).

⁽²⁾ Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais; matias.sjt@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos; Universidade Federal de Viçosa.

RESUMO: O poder de acidificação das bactérias *Acidithiobacillus ferrooxidans* pode ser uma alternativa promissora para a produção de fertilizantes potássicos a partir de fontes silicatadas e S elementar. O país importa mais de 90 % do K utilizado na agricultura e não possui perspectiva para o aumento da produção doméstica uma vez que possui insuficientes reservas de fontes solúveis de minerais potássicos. Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito da oxidação do S elementar por *A. ferrooxidans* na solubilização do verdete, uma rocha potássica silicatada rica em glauconita, comum na região Central de Minas Gerais, Brasil. Foi estudado o efeito de quatro doses de inóculos da bactéria (0,0; 4,0; 8,0 e 12,0 mL/L de suspensão bacteriana) e quatro tempos de incubação (7, 14, 21 e 42 d), perfazendo um fatorial (4x4). Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Foram avaliados o pH e os teores de K solúveis em água e em ácido cítrico 20 g/L. A presença da bactéria promoveu acidificação do meio, que resultou em aumento do teor de K solúvel com o tempo de incubação. Verificou-se a solubilização de 22,6 % de K do verdete, em ácido cítrico, aos 42 d de incubação com o inóculo 1. O uso da bactéria *A. ferrooxidans* é uma alternativa para a solubilização do verdete e produção de fertilizante contendo K e S.

Termos de indexação: *Acidithiobacillus ferrooxidans*, pH, solubilização.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem um grande potencial para atender às demandas mundiais por madeira, fibras e alimentos. Contudo, a agricultura brasileira é realizada, principalmente, em regiões onde os solos são ácidos e de baixa fertilidade natural. Assim, é necessário o uso de corretivos e fertilizantes para obtenção de produtividades economicamente viáveis.

No contexto mundial, o Brasil se destaca como quarto maior consumidor de fertilizantes e o terceiro

maior importador de K (DNPM, 2009). No que se refere à distribuição das importações brasileiras por produto, o K é o que apresenta a maior participação, sendo esta de 42,3 % (DNPM, 2014). Devido à elevada dependência externa desse nutriente, têm se realizado pesquisas envolvendo o uso de fontes alternativas de K, como o uso de rochas ricas em micas e, ou, feldspatos. Para viabilizar o uso desses minerais, é necessária a adoção de processos prévios de solubilização, que pode ser químico, térmico ou biológico. Este último se apresenta como alternativa econômica e ambientalmente viável. Alguns trabalhos mostram a potencialidade de uso de bactérias do gênero *Acidithiobacillus* na solubilização de nutrientes de rochas (Hsu & Harrison, 1995; Stamford et al., 2004).

A espécie *A. ferrooxidans* possui grande poder de acidificação do meio, sendo que para isso utiliza formas reduzidas de Fe e, ou S como fontes de energia. Por outro lado, minerais silicatados ricos em potássio, como a glauconita, em pHs inferiores a 3,0, estabelece-se trocas de K⁺ por H⁺ na estrutura desses minerais (Feigenbaum, 1981). Assim, o uso dessas bactérias para solubilizar essas fontes de K pode ser promissora, uma vez que esses minerais não possuem qualquer utilização atualmente, sendo assim fontes baratas do nutriente. No entanto, pouco se sabe sobre o uso dessas bactérias na solubilização de minerais silicatados ricos em K.

Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito da bactéria *A. ferrooxidans* na solubilização de K da rocha verdete.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a biossolubilização do verdete, foi montando um experimento de incubação em meio líquido, usando a relação verdete:solução de 1:25 e verdete:S⁰ de 1:1. Foi estudado o efeito de quatro doses de inóculo de *A. ferrooxidans* (0,0; 4,0; 8,0 e 12,0 mL/L de suspensão bacteriana) e quatro tempos de incubação (7, 14, 21 e 42 d); constituindo um fatorial (4x4). Os tratamentos foram alocados em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

As células bacterianas foram replicadas usando



o meio de cultura T&K e depois de verificado o crescimento celular, foi realizada a concentração das células. Para isso, 4,0; 8,0 e 12,0 mL/L do meio de cultura foram centrifugados a 5 000 g por 15 min; obtendo assim os inóculos concentrados 1, 2 e 3, respectivamente.

Na montagem do experimento, 2,0 g de verdete finamente moído (<53 μm) foram misturados a 2,0 g de S^0 e colocados em erlenmeyers de 125 mL contendo 50 mL de meio de crescimento (que corresponde ao meio de cultura T&K adaptado) com pH ajustado para 1,6. Foi adicionado também 2,0 mL dos inóculos concentrados, conforme os tratamentos, e no controle foi adicionado água. As parcelas experimentais foram colocadas em mesa agitadora horizontal sob agitação constante (80 rpm) à temperatura ambiente.

Decorrido os períodos de incubação, determinou-se no sobrenadante o pH. Após a medição do pH, o material foi seco em estufa de ventilação forçada de ar a 85 °C. Em seguida, foi feita a moagem do produto e passado em peneira de 100 mesh (0,15 mm) de abertura de malha.

Para determinação do K solúvel em água, pesou-se 1,0 g da amostra com tamanho de partícula inferior a 0,15 mm, que foi transferida para erlenmeyers contendo 50 mL de água. A suspensão foi submetida à fervura por 10 min em chapa aquecedora. Já para o K em ácido cítrico, utilizou-se a massa de 0,5 g da amostra ($\leq 0,15$ mm), que foi transferida para erlenmeyers contendo 50 mL de solução de ácido cítrico (20 g/L) e mantida sob agitação (150 rpm) por 30 min, utilizando mesa agitadora horizontal.

Os extratos obtidos pela extração em água ou em ácido cítrico foram filtrados em papel-filtro quantitativo lento (> 28 μm), sendo os teores de K determinados por espectrofotometria de emissão de chama.

Os dados foram submetidos à análise de variância, analisando a variável dose de inóculos, pelo teste de Tukey; e o tempo de incubação, por meio de análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações nos valores de pH do meio devido à ação da bactéria *A. ferrooxidans* são apresentados na **figura 1**.

Observou-se aumento no valor de pH, a partir do pH inicial (tempo 0), no tratamento controle (inóculo 0 - sem bactéria), certamente devido ao consumo de H^+ em reações de dissolução de minerais de rocha. Já nos tratamentos com a presença da bactéria,

houve redução do pH, sendo mais expressiva até os 21 d. Esse resultado sugere que a oxidação do S^0 e, ou do Fe^{2+} , adicionados ao meio e presente na rocha, respectivamente, ocorreram.

A oxidação S^0 ou do Fe^{2+} promovem a acidificação do meio devido a geração de prótons durante as reações, sendo que para o Fe, a acidez produzida ocorre devido a sua hidrólise. Adicionalmente, o Fe^{3+} pode atuar como agente oxidante sobre o S^0 , quando isso ocorre a *A. ferrooxidans* catalisa a reação, oxidando o Fe^{2+} (Naveke, 1986). Nesse caso, a presença de Fe na constituição da rocha verdete pode permitir que essas reações ocorram, potencializando a oxidação do S^0 .

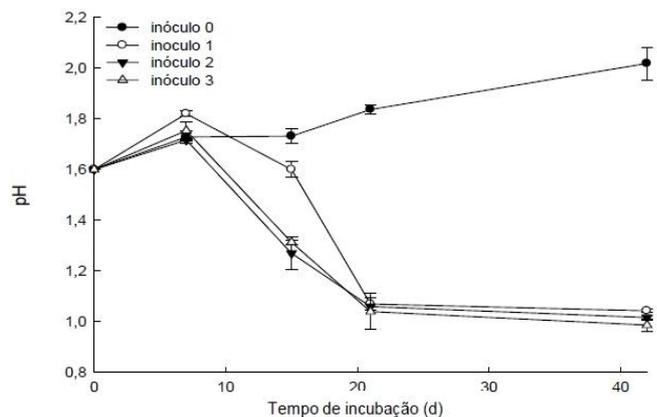


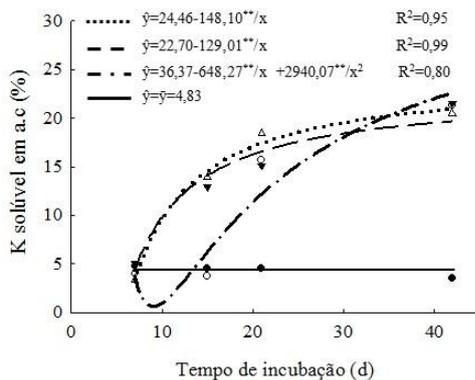
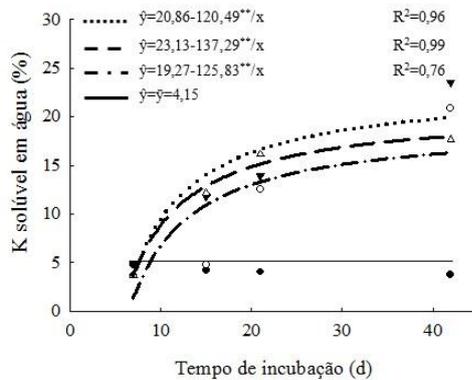
Figura 1 – Evolução do pH após incubação do verdete com *Acidithiobacillus ferrooxidans*, mostrando a diminuição e aumento do pH da suspensão na presença e ausência da bactéria, respectivamente.

Registrou-se o pH 0,95 aos 42 d de incubação para a dose de inóculo 3. Esse resultado demonstra a elevada capacidade de sobrevivência da espécie *A. ferrooxidans* em condições extremas de acidez.

As concentrações bacterianas, representada pelo inóculos, causaram diferentes efeitos na solubilização do K, mostrando que o processo pode ser acelerado com o aumento da carga microbiana. Houve diferença significativa ($p < 0,05$), entre os inóculos 0 e 1 sendo que na ausência da bactéria foram encontrados os menores valores de solubilização, obtidos pelos métodos de extração do K em água e em ácido cítrico (**Figura 2**). Houve efeito da interação entre as doses de inóculo e os tempos de incubação, sendo este último, o fator que teve maior efeito na solubilização de K na presença da bactéria. Os maiores valores de K solúveis foram encontrados até os 21 d de incubação, provavelmente devido ao aumento da população bacteriana que promove maior oxidação do S^0 e



Fe²⁺, com isso maior acidificação do meio e consequente solubilização da rocha.



— Inoculo 0 - - - Inoculo 2
- - - Inoculo 1 Inoculo 3

Figura 2 – K solúvel em água e em ácido cítrico 20 g/L (percentagem do total de K), em função do tempo de incubação com *A. ferroxidans*. **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

CONCLUSÃO

A espécie *A. ferroxidans* é eficaz para acidificar a suspensão da rocha verde e S⁰. A acidificação promovida pela oxidação do S⁰ e Fe²⁺ solubiliza o K contido no verde. A biossolubilização apresenta-se como alternativa para produção de fertilizante potássico solúvel a partir do verde e S⁰.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo apoio financeiro e ao DPS pela infraestrutura.

REFERÊNCIAS

FEIGENBAUM, S.; EDELSTEIN, R.; SHAINBERG, J. Release rate of potassium and structural cations from ion exchangers in dilute solutions. *Soil Science Society of American Journal*, Madison.,45:501-506, 1981.

HSU, C. H. & HARRISON, R. G. Bacterial leaching of zinc and copper from mining wastes. *Hydrometallurg*, 37: 169-179, 1995.

STAMFORD, N. P.; MOURA, A. M. F.; SANTOS, K. S. et al. Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de fosfato natural em solo de tabuleiro cultivado com jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 75-83, 2004.

NÄVEKER, R. Bacterial leaching of ores and other materials. Institut für Mikrobiologie. Germany. 1986. Disponível em: <<http://www.spaceship-earth.de/REM/Naeveke.htm>>. Acesso em 05 jan. 2012.

Informe Mineral – Desenvolvimento & Economia Mineral. Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília. 2009. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivo=4004>. Acesso em 07 fev. 2011.

Informe Mineral. Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília. 2009. Disponível em: <https://dnpm.gov.br/dnpm/informes/informe_mineral_2014-02.pdf>. Acesso em 11 jun. 2015.

**XXXV Congresso
Brasileiro de
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015